

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2001年 7月13日

出 願 番 号

Application Number: 特願2001-214536

[ST.10/C]:

[JP2001-214536]

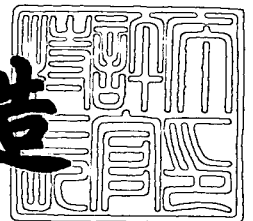
出 願 人

Applicant(s): マツダ株式会社

2002年 6月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3047055

【書類名】 特許願

【整理番号】 X01097

【提出日】 平成13年 7月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02D 41/00

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 中井 英二

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 岡田 直基

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 佐藤 恒博

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 松本 美幸

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 中尾 正美

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 佐原 正憲

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 土生 幸次

【発明者】

 【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

 【氏名】 菅野 宏

【発明者】

【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

【氏名】 山本 勝

【発明者】

【住所又は居所】 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内

【氏名】 森 恒寛

【特許出願人】

【識別番号】 000003137

【氏名又は名称】 マツダ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100093698

【弁理士】

【氏名又は名称】 進藤 純一

【電話番号】 078-361-3846

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007722

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9205520

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ディーゼルエンジンの制御装置及び制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクル当たり複数の噴射段に分割して燃料を噴射するディーゼルエンジンの制御装置において、

所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出した当該噴射段の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する学習手段を設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 2】 前記学習手段は、前記所定の低回転低負荷運転状態において各噴射段の噴射量を均一とする分割噴射を行い、該分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の噴射段 1 段当たりの通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出した噴射段 1 段当たりの燃料噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する請求項 1 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 3】 前記学習手段は、前記所定の低回転低負荷運転状態において噴射段数の異なる複数態様の分割噴射を実行して、それら複数態様の分割噴射についてそれぞれ学習値を更新記憶するとともに、それら学習値を、学習対象から外れた周囲の燃料噴射量に対する通電時間の学習値に反映させる請求項 1 または 2 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 4】 噴射圧を変化させ、前記学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に前記学習値の更新記憶を実行する請求項 1 または 2 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 5】 噴射圧を所定回数変化させ、前記学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に予め設定された基本通電時間との偏差を求め、該偏差を補正值として学習値を更新記憶するとともに、前記補正值を周囲の噴射圧における学習値

の更新記憶に反映させる請求項 4 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 6】 当該ディーゼルエンジンは多気筒で、前記学習手段により気筒毎に前記学習値の更新記憶を実行する請求項 1 または 2 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 7】 通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクルの間にメイン噴射の前にメイン噴射より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンの制御装置において

、
所定の低回転低負荷運転状態において 1 気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1 気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値を更新記憶する学習手段を設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 8】 当該ディーゼルエンジンは多気筒で、前記学習手段は、学習対象とした気筒の圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間との時間差から算出した回転速度と、着火順序が当該学習対象気筒の直前の気筒の圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間との時間差から算出した回転速度との差が、所定値以上の時の通電時間を、失火限界と判定する請求項 7 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 9】 前記学習手段は、学習対象とした気筒についてパイロット噴射のための通電時間を所定の燃焼状態が得られた時の通電時間から漸減させて失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間より所定時間長い通電時間をパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値として更新記憶する請求項 7 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 10】 噴射圧を変化させ、前記学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に前記学習値の更新記憶を実行する請求項 7 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 1 1】 当該ディーゼルエンジンは多気筒で、前記学習手段により気筒毎に前記学習値の更新記憶を実行する請求項 7 記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 1 2】 通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクルの間にメイン噴射の前にメイン噴射より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンの制御装置において、

所定の低回転低負荷運転状態において 1 気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1 気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間の下限値の学習値を更新記憶するとともに、前記所定の低回転低負荷運転状態においてパイロット噴射とメイン噴射とで所定の燃焼状態が得られた時のパイロット噴射の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出したパイロット噴射の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する学習手段を設けたことを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項 1 3】 通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクル当たり複数の噴射段に分割して燃料を噴射するディーゼルエンジンにおいて、

所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出した当該噴射段の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶することを特徴とするディーゼルエンジンの制御方法。

【請求項 1 4】 通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクルの間にメイン噴射の前にメイン噴射

より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンにおいて、

所定の低回転低負荷運転状態において1気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値を更新記憶することを特徴とするディーゼルエンジンの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定の運転状態においてメイン噴射に先立ってパイロット噴射を行うなど、燃料を分割して噴射するディーゼルエンジンの制御に関し、特に、微量の燃料を安定して噴射できるようにするための制御装置及び制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、所定の低回転低負荷運転状態において、メイン噴射（主噴射）に先立ってパイロット噴射を行うことにより、着火安定性及び燃焼性を向上させ、失火防止や燃焼騒音の低減を図るようにしたディーゼルエンジンが知られている。そして、そうしたパイロット噴射を行うディーゼルエンジンにおいて、例えば特開平11-287149号公報記載の制御装置のように、コモンレール圧力の変化からパイロット噴射の燃料噴射開始を検知して最小通電時間を学習するようにしたものがある。

【0003】

また、それとは別に、特開平11-343911号公報に記載されているように、直噴式のガソリンエンジンにおいて、燃料噴射量により空燃比をフィードバック制御する領域で、インジェクタによる燃料噴射を吸気行程で分割して行い、O₂センサの出力に応じたフィードバック制御量に基づいて噴射1回分の噴射量

と噴射パルス幅（通電時間）との対応関係を学習するようにしたものが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

パイロット噴射を行うディーゼルエンジンにおいて、メイン噴射の噴射量及びパイロット噴射の噴射量をインジェクタの通電時間によって制御する場合に、インジェクタには個体差があり、使用に伴う経年変化もあって、通電時間と燃料噴射量との対応関係にバラツキがあるため、特に、微小開度領域で噴射するパイロット噴射は、個体差や経年変化によるバラツキの影響が大きくて、燃料を安定して噴射することが難しい。パイロット噴射以外の分割噴射を行うディーゼルエンジンにおいても同様で、微小噴射量領域（インジェクタの微小開度領域）で個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく安定して燃料を噴射することは難しい。

【0005】

前記特開平11-287149号公報記載のように、コモンレール圧力の変化からパイロット噴射の燃料噴射開始を検知して最小通電時間を学習するものでは、パイロット噴射の微小噴射量が実際には安定して噴かれなくて、着火しない場合でも、コモンレール圧力は変化するため、安定した噴射のための通電時間の下限値を精度よく学習することができない。

【0006】

また、特開平11-343911号公報に記載されている学習方法は、空燃比フィードバック制御のための O_2 センサを備えるガソリンエンジンに特有のもので、直ちにディーゼルエンジンに適用できるというものではない。

【0007】

本発明は、所定の運転状態においてメイン噴射に先立ってパイロット噴射を行うなど、燃料を分割して噴射するディーゼルエンジンにおいて、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、通電時間の制御により微小量の燃料を安定して噴射できるようにすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 ～ 1 4 に係るディーゼルエンジンの制御装置及び制御方法は前記課題を解決するための手段を構成する。

【0 0 0 9】

すなわち、請求項 1 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクル当たり複数の噴射段に分割して燃料を噴射するディーゼルエンジンの制御装置において、所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出した当該噴射段の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する学習手段を設けたものである。

【0 0 1 0】

この場合、アイドル運転等の所定の低回転低負荷運転状態において、安定した運転状態、すなわち着火が安定し、一定の安定した燃焼で自立回転する状態（所定の燃焼状態）を得るのに必要な 1 サイクル 1 気筒当たりの燃料噴射量（必要噴射量）は、エンジンの仕様等により例えば $5 \text{ mm}^3 / \text{s t r}$ というように略一義的に決まり、それに対してインジェクタの通電時間が自ずと決まる。そして、その必要噴射量である例えば $5 \text{ mm}^3 / \text{s t r}$ を所定の比率で複数の噴射段に分割して噴射するについては、その分割比率に応じて複数の噴射段のそれぞれの噴射量が決まり、それに応じて各噴射段の通電時間が基本的に決まる。そこで、その分割比率に基づく通電時間で所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射を行って、安定した運転状態（所定の燃焼状態）が得られるよう通電時間を調整し、安定した運転状態が得られた時に、少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を、当該噴射段の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶することで、運転中のドライバーに違和感を与えることなく微小噴射量域での通電時間の下限値および実用域での通電時間に対する噴射量の特性を精度良く学習し、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、通電時間の制御により微小量の燃料を安定して噴射するようにできる。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、前記請求項 1 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、学習手段を、前記所定の低回転低負荷運転状態において各噴射段の噴射量を均一とする分割噴射を行い、該分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の噴射段 1 段当たりの通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出した噴射段 1 段当たりの燃料噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶するよう構成したものである。

【 0 0 1 2 】

この場合、アイドル運転等の所定の低回転低負荷運転状態において、安定した運転状態（所定の燃焼状態）を得るための 1 サイクル当たりの必要噴射量（例えば 5 mm^3 ）を分割噴射の段数で割ることにより、噴射段 1 段当たりの噴射量が決まり、それに応じて噴射段 1 段当たりの通電時間が基本的に決まる。そして、所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射を行って、安定した運転状態が得られるよう噴射段 1 段当たりの通電時間を調整し、所定の燃焼状態が得られた時の、噴射段 1 段当たりの通電時間を、噴射段 1 段当たりの燃料噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶することで、運転中のドライバーに違和感を与えることなく微小噴射量域での通電時間の下限値および実用域での通電時間に対する噴射量の特性を精度良く学習し、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、通電時間の制御により微量の燃料を安定して噴射するようできる。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、前記請求項 1 または 2 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、学習手段を、前記所定の低回転低負荷運転状態において噴射段数の異なる複数態様の分割噴射を実行して、それら複数態様の分割噴射についてそれぞれ学習値を更新記憶するとともに、それら学習値を、学習対象から外れた周囲の燃料噴射量に対する通電時間の学習値に反映させるよう構成したものである。

【 0 0 1 4 】

これにより、実用域の燃料噴射量の変化の範囲での、インジェクタの通電時間に対する噴射量の特性を、極力少ない回数で精度よく学習することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、前記請求項 1 または 2 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、噴射圧を変化させ、学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に前記学習値の更新記憶を実行するものである。

【 0 0 1 6 】

これにより、実用域の異なる複数の噴射圧について学習が可能となり、運転状態の変化に対応できる。

【 0 0 1 7 】

請求項 5 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、前記請求項 4 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、噴射圧を所定回数変化させ、学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に予め設定された基本通電時間との偏差を求め、該偏差を補正值として学習値を更新記憶するとともに、前記補正值を周囲の噴射圧における学習値の更新記憶に反映させるものである。

【 0 0 1 8 】

これにより、実用域の噴射圧の変化の範囲での、インジェクタの通電時間に対する噴射量の特性（対応関係）を、極力少ない回数で学習するようにできる。

【 0 0 1 9 】

請求項 6 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、請求項 1 または 2 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、ディーゼルエンジンが多気筒である場合に、学習手段により気筒毎に学習値の更新記憶を実行するものである。

【 0 0 2 0 】

こうして気筒毎に微小噴射量域で学習することができ、インジェクタのバラツキだけでなく気筒間の圧縮圧や冷却損失等のバラツキをも加味した学習が可能で、多気筒エンジンにおいて安定した運転が可能となる。

【 0 0 2 1 】

請求項 7 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクルの間

にメイン噴射の前にメイン噴射より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンの制御装置において、所定の低回転低負荷運転状態において1気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値を更新記憶する学習手段を設けたものである。

【 0 0 2 2 】

この場合、アイドル運転等の所定の低回転低負荷運転状態において、メイン噴射の前のパイロット噴射を行うことにより着火安定性が得られている状態から、1サイクル当たりの噴射量は変えずにパイロット噴射を止めてメイン噴射だけで噴射した時に失火すると考えられる限界まで噴射時期をリタードさせることにより、失火しやすい状態とし、その状態で、1サイクル当たりの噴射量は変えないでパイロット噴射の噴射量を変化させることにより、実際に失火する限界（通電時間の下限値）を確実に学習することができ、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、安定したパイロット噴射制御を行うようにできる。

【 0 0 2 3 】

請求項8に係るディーゼルエンジンの制御装置は、請求項7に係るディーゼルエンジンの制御装置において、ディーゼルエンジンが多気筒である場合に、学習手段を、学習対象とした気筒の圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間との時間差から算出した回転速度と、着火順序が当該学習対象気筒の直前の気筒の圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間との時間差から算出した回転速度との差が、所定値以上の時の通電時間を、失火限界と判定するよう構成したものである。

【 0 0 2 4 】

学習対象の気筒が失火すると、当該気筒の燃焼による回転立ち上がりが小さく、その圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間

との時間差から算出した回転速度が小さくなり、着火順序が当該学習対象気筒の直前の気筒の圧縮上死点後所定クランク角を通過した時間と圧縮上死点を通過した時間との時間差から算出した回転速度との差が大きくなる。したがって、その回転速度差が所定値（閾値）以上の時に失火と判定することで、失火判定の精度が向上する。

【 0 0 2 5 】

請求項 9 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、請求項 7 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、学習手段を、学習対象とした気筒についてパイロット噴射のための通電時間を所定の燃焼状態が得られた時の通電時間から漸減させて失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間より所定時間長い通電時間をパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値として更新記憶するよう構成したものである。

【 0 0 2 6 】

この場合、安定した運転状態（所定の燃焼状態）から徐々に通電時間を減らしていくことで失火限界を検出でき、実際の学習値は失火限界より若干余裕をもった値とすることで、着火安定性を確保できる。

【 0 0 2 7 】

請求項 1 0 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、請求項 7 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、噴射圧を変化させ、前記学習手段により、異なる複数の噴射圧毎に前記学習値の更新記憶を実行するものである。

【 0 0 2 8 】

これにより、実用域の異なる複数の噴射圧について学習が可能となり、運転状態の変化に対応できる。

【 0 0 2 9 】

請求項 1 1 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、請求項 7 に係るディーゼルエンジンの制御装置において、ディーゼルエンジンが多気筒である場合に、学習手段により気筒毎に前記学習値の更新記憶を実行するものである。

【 0 0 3 0 】

こうして気筒毎に失火限界を学習することができ、インジェクタのバラツキだ

けでなく気筒間の圧縮圧や冷却損失等のバラツキをも加味した学習が可能で、多気筒エンジンにおいて安定した運転が可能となる。

【 0 0 3 1 】

請求項 1 2 に係るディーゼルエンジンの制御装置は、通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクルの間にメイン噴射の前にメイン噴射より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンの制御装置において、所定の低回転低負荷運転状態において 1 気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1 気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間の下限値の学習値を更新記憶するとともに、前記所定の低回転低負荷運転状態においてパイロット噴射とメイン噴射とで所定の燃焼状態が得られた時のパイロット噴射の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射量から割り出したパイロット噴射の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する学習手段を設けたものである。

【 0 0 3 2 】

この場合、失火限界を学習するとともに、実用域の燃料噴射量の変化の範囲での、インジェクタの通電時間に対する噴射量の特性を学習でき、運転状態の変化に対応できる。

【 0 0 3 3 】

請求項 1 3 に係るディーゼルエンジンの制御方法は、通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において 1 気筒毎に 1 サイクル当たり複数の噴射段に分割して燃料を噴射するディーゼルエンジンにおいて、所定の低回転低負荷運転状態において分割噴射により所定の燃焼状態が得られた時の少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を、前記所定の低回転低負荷運転状態において前記所定の燃焼状態を得るのに必要な 1 サイクル当たりの燃料噴射

量から割り出した当該噴射段の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶するものである。

【0034】

これにより、運転中のドライバーに違和感を与えることなく微小噴射量域での通電時間の下限値および実用域での通電時間に対する噴射量の特性を精度良く学習し、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、通電時間の制御により微小量の燃料を安定して噴射するようにできる。

【0035】

請求項14に係るディーゼルエンジンの制御方法は、通電時間で燃料噴射量を制御するインジェクタを備え、所定の運転状態において1気筒毎に1サイクルの間にメイン噴射の前にメイン噴射より噴射量の少ないパイロット噴射を行うディーゼルエンジンにおいて、所定の低回転低負荷運転状態において1気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせた状態で、1気筒毎のメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量を一定に保ったままパイロット噴射のための通電時間を変化させて、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値を更新記憶するものである。

【0036】

これにより、実際に失火する限界（通電時間の下限値）を確実に学習することができ、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキの影響を受けることなく、安定したパイロット噴射制御を行うようにできる。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の図面に基づいて説明する。

【0038】

（第1の実施の形態）

図1は本発明の第1の実施形態におけるエンジン制御系の全体構成を示している。この実施の形態は車両に搭載される直列4気筒ディーゼルエンジンに本発明

を適用したもので、図 1 において 1 はエンジン本体を示す。このディーゼルエンジンのエンジン本体 1 には、図の面に対し垂直方向に直列配置で 4 個の気筒 2 を有し、各気筒 2 には往復移動可能にピストン 3 が装着され、それらピストン 3 の上面には燃焼室凹部 4 が形成されている。そして、ピストン 3 の圧縮上死点付近で各燃焼室凹部 4 に臨む気筒上部の略中央には、気筒 2 の中心軸に沿う配置で、下部先端に噴射ノズルを有する電磁式のインジェクタ（燃料噴射弁）5 が配設されている。また、各気筒 2 には、ピストン 3 の圧縮上死点付近で燃焼室凹部 4 に上部斜め側方から臨む位置にグロープラグ 5 6 が配設されている。

【 0 0 3 9 】

各気筒 2 のインジェクタ 5 は、燃料をインジェクタ 5 の開弁圧（噴射圧）以上の高圧状態で蓄えて分配するコモンレール 6 に、気筒毎の分岐管 7 を介してそれぞれ接続されている。各インジェクタ 5 は、通電により電磁力で燃料通路を開くことで燃圧により噴射ノズルの芯弁が開作動し、コモンレール 6 から供給される高圧の燃料を、噴射ノズル先端の複数の噴孔から燃焼室凹部 4 に向け気筒 2 内に直接噴射供給する。インジェクタ 5 の燃料噴射量は通電時間で制御する。なお、電磁式のインジェクタ 5 の代わりにピエゾ素子をアクチュエータとするインジェクタを用いたものであってもよい。

【 0 0 4 0 】

コモンレール 6 には、内部の燃圧（コモンレール圧）を検出する燃料圧力センサ 8 が配設されている。そして、コモンレール 6 は高圧燃料供給管 9 を介して燃料供給ポンプ 1 0 に接続されている。そして、燃料供給ポンプ 1 0 は燃料供給管 1 2 を介して燃料タンク 1 3 に接続されている。

【 0 0 4 1 】

燃料供給ポンプ 1 0 は、駆動軸 1 4 にエンジン本体 1 のクランク軸 1 5 から回転駆動力が伝達されることにより駆動され、燃料供給管 1 2 を介して燃料タンク 1 3 内の燃料を吸い上げ、高圧燃料供給管 9 を介してコモンレール 6 に圧送する。燃料供給管 1 2 の途中には加温装置を備えた燃料フィルタ 1 6 が配設されている。また、燃料供給ポンプ 1 0 には、圧送される燃料の一部を燃料戻し管 1 9 に逃がして圧力を調節する電磁式のプレッシャレギュレータ 1 7 が設けられている。

。そして、コモンレール 6 には、コモンレール圧が所定値以上になったときに燃料をコモンレール 6 から排出させるプレッシャリミッタ 1 8 が配設されている。プレッシャリミッタ 1 8 から排出された燃料は、インジェクタ 5 から燃料の一部を燃料タンク 1 3 に戻す燃料戻し管 1 9 を経由して、燃料タンク 1 3 に戻される。

【 0 0 4 2 】

また、エンジン本体 1 には、クランク軸 1 5 の回転角度を検出するクランク角センサ 2 0 が設けられ、動弁系カム軸の回転角度を検出するカム角センサ 2 1 が設けられ、また、冷却水温度（エンジン水温）を検出するエンジン水温センサ 2 2 が設けられている。

【 0 0 4 3 】

クランク角センサ 2 0 は、図示しないが、クランク軸端に設けた被検出用プレートと、その外周に相対向するように配置した電磁ピックアップとからなり、前記被検出用プレートの外周部全周に亘って等間隔（例えば 15° CA 間隔）に形成された歯（突起部）の通過に対応してパルス信号を出力する。

【 0 0 4 4 】

また、カム角センサ 2 1 は、図示しないが、クランク角センサ 2 0 と同様に、カム軸周面の所定箇所に設けた複数の歯（突起部）と、各歯が通過するときにパルス信号を出力する電磁ピックアップとからなるものである。

【 0 0 4 5 】

エンジン本体 1 の一方の側方部（図 1 の左側）には、エアクリーナ 2 3 で濾過した空気を気筒 2 内に供給する吸気通路 2 4 が接続されている。そして、吸気通路 2 4 の下流端部にサージタンク 2 5 が形成され、サージタンク 2 5 から各気筒 2 の吸気ポート 2 6 にそれぞれ接続するよう分岐通路 2 7 が形成されている。

【 0 0 4 6 】

そして、サージタンク 2 5 上流の吸気通路 2 4 には、上流側から下流側に向かって順に、吸気流量を検出するエアフローセンサ 2 8 と、後述のタービン 4 3 により駆動されて吸気を圧縮するブロワ 2 9 と、このブロワ 2 9 により圧縮された吸気を冷却するインタークーラ 3 0 と、吸気温度センサ 3 1 および吸気圧センサ

32と、負圧作動式の吸気シャッタ弁33が設けられている。

【0047】

吸気シャッタ弁33は負圧式アクチュエータ34により開閉される。負圧式アクチュエータ34は、クランク軸15により駆動されるバキュームポンプ35を負圧源とするもので、二つのソレノイドバルブ36、37により作動圧が制御され、エンジン運転状態に応じて吸気シャッタ弁33を全閉から全開までの任意の状態に保持する。なお、吸気シャッタ弁33は、全閉状態でも空気が流入するように設定されている。

【0048】

また、サージタンク25と各気筒2の吸気ポート26を接続する分岐通路27には、負圧作動式のスワール制御弁38が配設されている。このスワール制御弁38は負荷アクチュエータ39により開閉される。そして、その負荷アクチュエータ39は、やはりバキュームポンプ35を負圧源とするもので、ソレノイドバルブ40の制御によりエンジン運転状態に応じてスワール制御弁38を開閉駆動する。

【0049】

エンジン本体1の反対側の側方部（図1の右側）には、各気筒2から排気ガスを排出する排気マニホールド41が接続され、この排気マニホールド41の下流端集合部に排気通路42が接続されている。そして、排気通路42には、上流側から下流側に向かって順に、排気流を受けて回転するタービン43と、排気中の有害成分（未燃HC、CO、NO_x、スモーク等）を除去するための上流側（プリ）および下流側（メイン）の二つの触媒コンバータ44、45と、消音器46とが配設されている。

【0050】

排気通路42のタービン43と吸気通路24のブロワ29とで構成されるターボ過給機47は、詳細には図示しないが、可動式フラップによりタービン43への排気流路の断面積（ノズル断面積）を変化させるようにした所謂VGT（バリエブルジオメトリターボ）である。前記フラップは、バキュームポンプ35を負圧源とする負圧式アクチュエータ48によって回動されるもので、ソレノイド

4 9 による負圧制御によって所定回動位置の保持される。バキュームポンプ 3 5 からの負圧は、エアクリーナ 2 3 に付設されたバキュームチャンバ 5 0 に、一方向弁 5 1 を介して導かれ、バキュームチャンバ 5 0 からソレノイド 4 9 を介して負圧式アクチュエータ 4 8 に導かれる。

【 0 0 5 1 】

また、排気マニホールド 4 1 から排気の一部を吸気通路 2 4 の吸気シャッタ弁 3 3 下流に還流させる排気還流通路（以下 E G R 通路という） 5 2 が設けられ、この E G R 通路 5 2 の途中には、開度調節可能な負圧作動式の排気還流量調節弁（以下 E G R 弁という） 5 3 が配置されている。この E G R 弁 5 3 は、やはりバキュームポンプ 3 5 を負圧源として開閉駆動されるもので、二つのソレノイド 5 4 、 5 5 による作動圧の調整により、E G R 通路 5 2 の通路断面積をリニアに変化させ、吸気通路 2 4 に還流される排気の流量を調節する。

【 0 0 5 2 】

各気筒のインジェクタ 5、燃料供給ポンプ 1 0、吸気シャッタ弁 3 3、ターボ過給機（タービン 4 3）、E G R 弁 5 3 等の作動は、いずれもコントロールユニット（Electronic Contorol Unit：以下 E C U という） 5 7 によって制御する。そのため、E C U 5 7 には、燃料圧力センサ 8 の出力信号、クランク角センサ 2 0 の出力信号、カム角センサ 2 1 の出力信号と、エンジン水温センサ 2 2 の出力信号およびエアフローセンサ 2 8 の出力信号が入力され、また、図示しないアクセル開度センサからのアクセル開度信号等が入力される。

【 0 0 5 3 】

E C U 5 7 は、アクセル開度等に基づいて目標燃料噴射量を決定し、通電制御によりインジェクタ 5 による燃料噴射量および噴射時期をエンジンの運転状態に応じて制御するとともに、高圧供給ポンプ 1 0 の制御によってコモンレール圧すなわち燃料の噴射圧を制御し、吸気シャッタ弁 3 3 および E G R 弁 5 3 の制御により吸入空気量を調節することで、気筒 2 内の平均的な空気過剰率を制御し、フラップの作動制御（V G T 制御）によってターボ過給機（タービン 4 3）の過給率を制御する。

【 0 0 5 4 】

具体的には、例えば燃料噴射制御については、予めエンジンの目標トルク及び回転数の変化に応じて決定した基本的な燃料噴射量のマップを ECU 57 のメモリに格納しておいて、アクセル開度センサの出力信号に基づいて求めた目標トルクと、クランク角センサ 20 の出力信号に基づいて求めたエンジン回転数とに基づいて、エンジンの要求出力に対応する基本的な燃料噴射量を前記燃料噴射量マップから読み込み、その基本的な燃料噴射量をエンジン水温や過給圧等に応じて補正する。また、同様のマップから噴射時期の制御データを読み込む。

【 0 0 5 5 】

ここで、前記噴射量マップは、エンジンが高負荷域にあるときにはインジェクタ 5 により燃料を圧縮上死点 (TDC) 近傍で一括して噴射 (メイン噴射) させ、一方、エンジンが低負荷ないし中負荷域にあるときには、メイン噴射に先立ってパイロット噴射を行うものとして、インジェクタ 5 により、所定量 (例えばメイン噴射の 10 ~ 40 %) の燃料を圧縮行程でパイロット噴射させ、また、エンジン高負荷側ほど、燃料噴射量の増量に対応するようにメイン噴射の開始時期を進角させる設定とされる。

【 0 0 5 6 】

EGR 弁 53 の作動制御 (EGR 制御) では、例えば、全気筒 2 に共通の目標空気過剰率をエンジンの運転状態に応じて定めるとともに、エアフローセンサ 28 の出力信号に基づいて各気筒 2 への実際の吸入空気量を検出し、その検出値と各気筒 2 毎の燃料噴射量とに基づいて、目標空気過剰率になるように排気還流量を制御するようにしている。つまり、気筒 2 毎に排気還流量を調節することにより、新気 (外気) の吸入量を変化させて、各気筒 2 内の空気過剰率を目標空気過剰率になるように制御している。

【 0 0 5 7 】

吸気シャッタ弁 33 の作動制御では、EGR 制御によって所定量の排気を還流させるために、主としてエンジンのアイドル運転状態で吸気シャッタ弁 33 を全閉状態として、吸気通路 24 に負圧を発生させ、それ以外の運転状態では吸気シャッタ弁 33 を概ね全開状態とする。

【 0 0 5 8 】

また、この第1の実施の形態では、インジェクタ5の個体差や経年変化によるバラツキに影響されことなく安定したパイロット噴射を行うことができるよう、多段噴射法により、各気筒2のインジェクタ5の微小噴射量域での燃料噴射量に対する通電時間の特性を学習する制御を行う。

【0059】

すなわち、アイドル運転状態において、所定の学習開始トリガーにより学習開始を判定し、1気筒毎に1サイクル当たり複数の噴射段に均等に分割して燃料を噴射する分割噴射に強制移行する。この学習開始判定は、テスト端子ONを学習の開始トリガーとして強制学習開始とするとともに、IG（イグニッション）スイッチONの回数100回毎あるいは車両走行距離10000km毎（但し、学習が全ての設定噴射圧、全ての気筒について終了するまでは、IG及びマイルレージの再カウントを始めない。）に、水温60～85℃で、外気温度0～35℃で、アイドル判定後40秒経過という条件のAND成立を開始トリガーとして学習開始と判定する。水温60～85℃、外気温度0～35℃の条件は、水温60℃未満あるいは85℃超、外気温度0℃未満あるいは35℃超では、失火条件が変わると考えられるためである。また、アイドル判定後40秒経過は、アイドル運転が安定していることを条件とするためである。

【0060】

そして、アイドル運転状態において、例えば図2に示すように、第1気筒（#1）、第3気筒（#3）、第4気筒（#4）、第2気筒（#2）の点火順にそれぞれ例えば3段の分割噴射を行い、安定したアイドル運転状態が得られるまで、各気筒2のインジェクタ5毎に噴射段1段当たりの通電時間を調整（補正）する。そして、安定したアイドル運転状態が得られた時の各気筒2の第1段の噴射の通電時間を、各インジェクタ5の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する。

【0061】

この学習した通電時間は、安定したアイドル運転を得るのに必要な1サイクル当たりの燃料噴射量（必要噴射量）を噴射段の数で等分した噴射量に対応する通電時間である。そして、トータルの必要噴射量はエンジン仕様等によって（パワ

ステ、エアコン等の負荷についても加味する必要がある) 略一義的に決まるから、それが例えば $5 \text{ mm}^3 / \text{str}$ で、分割噴射の段数が3であれば、その $5 \text{ mm}^3 / \text{str}$ を3分割した $5 / 3 \text{ mm}^3 / \text{str}$ が噴射段1段毎の噴射量と予測でき、したがって、その噴射量 $5 / 3 \text{ mm}^3 / \text{str}$ に対応する通電時間を学習したことになる。

【0062】

こうして、各気筒2について、噴射段数が2～5段のいずれか(好ましくは少なくとも4段)の分割噴射を行って、噴射段1段毎の噴射量に対する通電時間を学習し、また、噴射圧(コモンレール圧)を、実用域の異なる複数の噴射圧である例えば 35 Mpa 、 55 Mpa 、 85 Mpa と所定回数変化させて、それぞれの噴射圧について同様の処理を行うことにより、各インジェクタ5について、図3に示すような特性、すなわち、噴射圧毎の、噴射段1段当たりの通電時間(分割噴射量指示値)と噴射量との対応関係を学習できる。

【0063】

各気筒2毎に複数の噴射圧について、それぞれ噴射段数を変えて学習した結果は、補間により、学習対象から外れた周囲の噴射量に対する通電時間の学習値に反映させ、図3に示すような特性を学習する。

【0064】

噴射圧の変化による学習結果の変化は、図4に示すように気筒毎にそれぞれ異なる。また、同一噴射圧で気筒毎に学習した結果を周囲に反映させた特性傾向は、図5に示すように気筒毎にそれぞれ異なる。

【0065】

また、前記のとおり噴射圧は異なる複数の噴射圧となるよう所定回数変化させるが、その際、それら異なる複数の噴射圧毎に予め設定された基本通電時間との偏差を求め、その偏差を補正值として学習値を更新記憶するとともに、前記補正值を周囲の噴射圧における学習値の更新記憶に反映させる。例えば、図6に示すように、学習結果である T_q (通電時間と噴射量との特性) の学習値を、予め定めたベース T_q マップの基準値 ($0 \mu \text{sec}$) との偏差として記憶し、その値に基づいて、直線補間により、学習対象から外れた噴射圧に対する T_q 学習値に反映

させる。但し、図 6 に示すように、実際に学習した噴射圧の下限以下（35 MPa 以下）と、上限以上（85 MPa 以上）へは外挿せず、その下限および上限における補正值を持ち続ける。

【 0 0 6 6 】

こうして、テスト端子 ON か、IG スイッチ ON 100 回毎あるいは車両走行距離 10000 km 毎に各気筒 2 のインジェクタ 5 の微小噴射量域での通電時間に対する通電時間の特性を学習し、その結果に基づいて常時はパイロット噴射を行う。それにより、安定したパイロット噴射が可能となる。例えば、1 サイクル当たりの必要噴射量が $5 \text{ mm}^3 / \text{str}$ で、それを 3 分割で噴射して学習した場合、気筒 2 毎に噴射段 1 段毎の噴射量と考えられる $1.7 \text{ mm}^3 / \text{str}$ を噴射するのに必要な T_q 学習値（指令値）が分かるので、ベース T_q マップ上での $1.7 \text{ mm}^3 / \text{str}$ 時 T_q 値との差を補正值として、以降のパイロット噴射の T_q 指令値に±補正する。それによって、噴射量 $1.7 \text{ mm}^3 / \text{str}$ のパイロット噴射を安定化させることができる。

【 0 0 6 7 】

この第 1 の実施の形態の多段噴射法による学習制御は、図 7 に示すフローチャートにより実行する。以下、図 7 のフローチャートに基づいて前記多段噴射法による学習制御の具体的な処理を説明する。

【 0 0 6 8 】

このフローチャートの処理は、テスト端子 ON か、IG スイッチ ON 100 回毎あるいは車両走行距離 10000 km 毎にスタートし、スタートすると、ステップ S101 で、学習実行判定および段数判定を行う。すなわち、例えば水温 60～85℃で、外気温度 0～35℃で、アイドル判定後 40 秒経過という条件の AND 成立時に学習実行と判定し、分割噴射を例えば 4 段で行うとして、その 4 段の分割噴射が可能かどうかを判定する。

【 0 0 6 9 】

そして、学習実行と判定し、且つ、実行予定の段数が可能であると判定すると、ステップ S102 に進んで、燃焼を安定させるよう、燃焼に係わる各種デバイスの設定を固定する。すなわち、EGR 弁 53、吸気シャッタ弁 33 およびスワ

ールコントロール弁 38 の制御を停止し、VGT 目標過給圧を固定する。そして、目標レール圧（噴射圧）を例えば 3 段階のいずれかに固定する。また、所定の順番に学習対象とする気筒（# n）について、各噴射段の通電時間である Q 指示値（分割噴射量指示値）を固定し、各段の噴射タイミングを固定し、また、各噴射段に対して、インジェクタ 5 の開閉による圧力波の影響を考慮して各段の噴射を均等化するためのインターバル補正を織り込む。

【 0 0 7 0 】

そして、ステップ S 1 0 3 で、目標アイドル回転数を設定し、次いで、ステップ S 1 0 4 で、燃料噴射量（通電時間）の調整によるアイドルスピードコントロール（ISC）によってエンジンの回転数を安定化させるとともに、回転速度（角速度）変動が各気筒均等になるように燃料噴射量を調整する（気筒間補正）。

【 0 0 7 1 】

そして、ステップ S 1 0 5 で、回転数および気筒間変動が安定するのを待っために、規定時間または規定サイクルが経過したか否かを見て、経過していなかったらステップ S 1 0 1 に戻り、経過したら次のステップ S 1 0 6 へ進む。

【 0 0 7 2 】

そして、ステップ S 1 0 6 へ進むと、回転数および気筒間変動が安定した状態でのステップ S 1 0 4 による各気筒の補正後の第 1 段目の噴射段の Tq 学習値（指示値）を更新記憶する。これで、その気筒の学習が噴射圧 1 段階について終了する。

【 0 0 7 3 】

そして、ステップ S 1 0 7 へ進み、レール圧（噴射圧）が 3 段階完了したか否かを見て、完了していないときは、ステップ S 1 0 2 へ戻る。そして、目標レール圧を変えてステップ S 1 0 6 までの処理を繰り返す。学習の順番は、噴射圧の低い方からの順番とするのがよい。

【 0 0 7 4 】

そして、レール圧 3 段階が完了すれば、ステップ S 1 0 8 へ進み、4 気筒全部について学習が完了したか否かを見て、完了していなければ、ステップ S 1 0 2 へ戻り、対象気筒を変えてステップ S 1 0 7 までの処理を繰り返す。そして、完

了すれば、この制御を終了する。

【 0 0 7 5 】

なお、このフローチャートによる学習制御は、分割噴射を例えば3段とか4段とかに固定して行う例であって、段数を変える場合には改めてフローを開始する必要があるが、同一フローの処理の中で分割噴射の段数を順次変化させるような制御とすることも可能である。

【 0 0 7 6 】

また、前記第1の実施の形態では、分割噴射の各段の噴射量の設定を均一なものとしたが、各噴射段の噴射量の設定は差異があってもよく、その場合、少なくとも最小噴射量となる噴射段の通電時間を学習することで、微小噴射量域での安定した噴射のための通電時間を学習することができる。

【 0 0 7 7 】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態は、インジェクタ5の個体差や経年変化によるバラツキに影響されることなく安定したパイロット噴射を行うことができるよう、失火検出法によってパイロット噴射の下限值(失火限界の通電時間)を学習する制御を行うものである。エンジン制御系の全体構造は、前記第1の実施の形態に係る図1のものと同様であり、基本的な制御も前記第1の実施の形態で説明したものと同様である。また、エンジンが高負荷域にあるときにはインジェクタ5により燃料を圧縮上死点(TDC)近傍で一括して噴射(メイン噴射)させ、一方、エンジンが低負荷ないし中負荷域にあるときには、メイン噴射に先立って所定量(例えばメイン噴射の10~40%)の燃料を圧縮行程でパイロット噴射させ、また、エンジン高負荷側ほど、燃料噴射量の増量に対応するようにメイン噴射の開始時期を進角させる点も前記第1の実施の形態と同様である。

【 0 0 7 8 】

この第2の実施の形態において、失火検出法による学習制御は、アイドル運転状態において実行するもので、所定の学習開始トリガーにより学習開始を判定する。この学習開始判定は、前記第1の実施の態様の多段噴射法と同様、テスト端子ONを学習の開始トリガーとして強制学習開始とするとともに、IG(イグニ

ッション) スイッチONの回数100回毎あるいは車両走行距離10000km毎(但し、学習が全ての設定噴射圧、全ての気筒について終了するまでは、IG及びマイルレージの再カウントを始めない。)に、水温60～85℃で、外気温度0～35℃で、アイドル判定後40秒経過という条件のAND成立を開始トリガーとして学習開始と判定するものである。

【0079】

そして、アイドル運転状態において、例えば図8に示すように、第1気筒(#1)、第3気筒(#3)、第4気筒(#4)、第2気筒(#2)の点火順にそれぞれパイロット噴射とメイン噴射とからなる燃料噴射を行いつつ、1気筒毎にメイン噴射の噴射量とパイロット噴射の噴射量とを合計した噴射量(必要噴射量)をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期まで噴射時期をリタードさせ(図8に矢印①で示す)、次いで、そのリタードした状態で、1サイクル毎のトータルの噴射量を変えずに、パイロット噴射のための通電時間を変化(漸減あるいは漸増)させて(図8に矢印②で示す)、失火限界を検出し、その検出した失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値の学習値を更新記憶する。

【0080】

なお、この場合の噴射時期のリタードは、学習対象とする気筒(図8においては#1)のみのリタード(図8の矢印①)でもよいし、全気筒をリタードさせるのもよい(図8に矢印①'で示す)。学習するレール圧(噴射圧)は、例えば35Mpa、55Mpa、85Mpaの3水準とするが、85Mpaとかの高い噴射圧については、エンジン音が大きくなっユーザー(ドライバー)の違和感を与える恐れがあるため、全気筒についてリタードさせ、半失火させることによって、音を抑えるようにするのがよい。

【0081】

この第2の実施の形態において、失火限界は、エンジンの回転速度変動(角速度変動)によって検出する。具体的には、全気筒をリタードさせる例について説明すると、例えば図9に示すように、学習対象の気筒が#4である場合に、#1、#3、#4、#2の点火順にそれぞれパイロット噴射とメイン噴射とからなる

燃料噴射を行い、その噴射時期を、必要噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界噴射時期までリタードさせて、その状態で、#4のみ、パイロット噴射の噴射量を小さくするようパイロット噴射の通電時間（パルス幅）を漸減させ、学習対象とした気筒（#4）のについて、クランク角センサ20の被検出用プレートの外周部に形成された15°CA（クランク角）間隔の歯のうちの、例えば、着火順序が当該学習対象気筒（#4）の直前の気筒（#3）の上死点（TDC）位置を検出した7歯目の通過時間と、上死点後（ATDC）105°CAを検出した2歯目の通過時間との時間差から算出した値を、回転速度差（回転速度差4）に対応する回転速度時間差（回転速度時間差4）すなわち回転速度変動として、その値が所定値以上となった時の当該学習対象気筒（#4）のパイロット噴射の通電時間を、失火限界と判定する。

【0082】

回転速度変動による失火限界の検出は、このように回転速度差（回転速度時間差）が所定値（絶対値）以上であるかどうかを判定することで可能であり、検出した失火限界の通電時間もしくは、その通電時間に燃焼安定性を考慮して所定の通電時間を加算した通電時間を制御の下限值として学習する。この方法を図10にaで示す。aは、回転速度差を本来の失火限界回転速度差よりも安定して燃焼する図10の下方側に設定し、その時の通電時間を制御の下限值として学習するものである。また、他の気筒との回転速度差を見て判定してもよい。例えば、#1を検出しているときは#4を、#3を検出しているときは#2を見る。また、図10にbで示すように、失火の変曲点を見つけて、その変曲点から所定量下方（回転変動差が小さく安定して着火する側）にbを設定し、その時の通電時間を制御の下限值として学習することもできる。

【0083】

そして、噴射圧（コモンレール圧）を、実用域の異なる複数の噴射圧である例えば35Mpa、55Mpa、85Mpaと所定回数変化させて、それぞれの噴射圧について同様の処理を行う。また、各噴射圧で気筒毎に学習した結果を周囲に反映させる。圧力は低いほうからの順番とする。

【0084】

噴射圧の変化による学習結果の変化は、例えば図 1 1 に示すように、気筒毎にそれぞれ異なる。また、同一噴射圧で気筒毎に学習した結果を周囲に反映させた特性傾向は、図 1 2 に示すように気筒毎にそれぞれ異なる。

【 0 0 8 5 】

こうした制御で各気筒を順次学習する。その学習の順序は、学習中の気筒と、その次ぎに学習する気筒との点火順序が隣接したのでは、角速度変動の影響を受けて後の気筒が失火し、失火が連続してエンストの恐れがあるため、# 1、# 2、# 4、# 3 の順番に各気筒の学習を行うようにするのがよい。

【 0 0 8 6 】

こうして、テスト端子 ON か、IG スイッチ ON 1 0 0 回毎あるいは車両走行距離 1 0 0 0 0 k m 毎に各気筒 2 のインジェクタ 5 の微小噴射量域での通電時間に対する通電時間の特性を学習し、その結果に基づいてパイロット噴射を行う。それにより、安定したパイロット噴射が可能となる。

【 0 0 8 7 】

この第 2 の実施の形態の失火検出法による学習制御は、図 1 3 に示すフローチャートにより実行する。以下、図 1 3 のフローチャートに基づいて前記失火検出法による学習制御の具体的な処理を説明する。

【 0 0 8 8 】

このフローチャートの処理は、テスト端子 ON か、IG スイッチ ON 1 0 0 回毎あるいは車両走行距離 1 0 0 0 0 k m 毎にスタートし、スタートすると、ステップ S 2 0 1 で、学習実行判定を行う。すなわち、例えば水温 6 0 ~ 8 5 ℃で、外気温度 0 ~ 3 5 ℃で、アイドル判定後 4 0 秒経過という条件の AND 成立時に学習実行と判定する。

【 0 0 8 9 】

そして、学習実行と判定すると、ステップ S 2 0 2 に進んで、燃焼を安定させるよう、燃焼に係わる各種デバイスの設定を固定する。すなわち、EGR 弁 5 3、吸気シャッタ弁 3 3 およびスワールコントロール弁 3 8 の制御を停止し、VGT 目標過給圧を固定する。そして、目標レール圧（噴射圧）を例えば 3 段階のいずれかに固定する。また、所定の順番に学習対象とする気筒（# n）について、

パイロット噴射の通電時間であるQ指示値（パイロット噴射指示値）を固定し、メイン噴射タイミングを固定し、また、インジェクタ5の開閉による圧力波の影響を考慮するためのパイロットインターバルを固定する。そして、目標アイドル回転数を設定する。

【0090】

次いで、ステップS203で、学習対象気筒（#n）についてのみ、噴射タイミングを変更（失火限界手前までリタード）して固定し、それに合わせてメイン噴射タイミングおよびパイロットインターバルを変更して固定する。ここで、学習対象気筒（#n）の噴射タイミングおよびパイロットインターバルは、実際にパイロット噴射がゼロになると必ず失火する条件で設定する。その条件はレール圧によって異なるものである。また、この時、他の気筒の噴射タイミングおよびパイロットインターバルも同様に変更することも可能である。

【0091】

そして、ステップS204で、燃料噴射量（通電時間）の調整によるアイドルスピードコントロール（ISC）によってエンジンの回転数を安定化させるとともに、回転速度（角速度）変動が各気筒均等になるように燃料噴射量を調整する（気筒間補正）。その際、気筒間補正の補正量はメイン噴射の通電時間（Q指示値）にのみ反映する。

【0092】

そして、ステップS205で、気筒間補正の学習を一旦停止する。各インジェクタ5への補正値は保持する。

【0093】

そして、ステップS206で、学習対象気筒（#n）について、パイロット噴射の通電時間（Q指示値）を徐々に減らしていき、減らした分だけメイン噴射の通電時間（Qmain）を増やす。

【0094】

そして、ステップS207で、学習対象気筒（#n）について、回転速度を規定回数計算し、ステップS208で、回数速度差が閾値を越えた回数が規定回数以上かどうかで失火を判定する。ここでは、回数速度差が閾値を越えた回数が規

定回数以上のときに失火と見なすのであり、ステップ S 2 0 8 の判定で、失火と判定しなかった時は、ステップ S 2 0 6 へ戻り、ステップ S 2 0 7 までの処理を繰り返す。

【 0 0 9 5 】

そして、ステップ S 2 0 8 で失火と判定した時は、ステップ S 2 0 9 で、その失火し始めたときのパイロット噴射の通電時間 (TQ) を更新記録する。

【 0 0 9 6 】

そして、ステップ S 2 1 0 で、その失火し始めたときのパイロット噴射の通電時間 (TQ) に所定の余裕代 (α) を持たせて、学習対象気筒 (# n) のパイロット噴射通電時間 (TQ) を固定する。但し、パイロット噴射の Q 指示値は、安定して噴ける値にしてから学習を開始できるように、前回の学習値に対する反映量に所定のガード (例えば前回学習値 + 0. 5) をかける。これで、その学習対象気筒 (# n) の学習が噴射圧 1 段階について終了する。

【 0 0 9 7 】

そして、ステップ S 2 1 1 へ進み、ルール圧 (噴射圧) が 3 段階完了したか否かを見て、完了していないときは、ステップ S 2 0 2 へ戻る。そして、目標ルール圧を変えてステップ S 2 1 0 までの処理を繰り返す。学習の順番は、噴射圧の低い方からの順番とするのがよい。

【 0 0 9 8 】

そして、ルール圧 3 段階が完了すれば、ステップ S 2 1 2 へ進み、4 気筒全部について学習が完了したか否かを見て、完了していなければ、ステップ S 2 0 2 へ戻り、対象気筒を変えてステップ S 2 1 1 までの処理を繰り返す。

【 0 0 9 9 】

そして、全気筒完了すれば、ステップステップ S 2 1 3 で、通常の条件に戻して、ISC および気筒間補正の制御を実行し、補正量はメイン噴射の噴射指示値 Q のみ反映する。そして制御を終了する。

【 0 1 0 0 】

なお、この第 2 の実施の形態では、パイロット噴射とメイン噴射の噴射量の合計を一定としてパイロット噴射量の変化に伴いメイン噴射量を変化させているが

、メイン噴射量を一定としてパイロット噴射量のみを変化させる方法も可能である。

【0101】

以上、多段噴射法による第1の実施の形態および失火検出法による第2の実施の形態について説明したが、いずれの場合についても該当する事項として、さらに次の点に留意が必要である。

【0102】

a. 学習するレール圧（噴射圧）によって、学習に最適な噴射タイミング、インターバル等の要求が異なるため、噴射タイミング、インターバル等の設定は学習するレール圧に対して個々別々に決めるようにするのがよい。

【0103】

b. 各噴射圧、各気筒の学習が終了して次の噴射圧、気筒の学習に移る前に、学習結果を復習するルーチンを設け、各噴射圧、各気筒の学習終了後毎回、10サイクル程度は学習結果を反映した運転を実施し、失火確認0回であれば次の学習を開始するようにするのがよい。

【0104】

c. 次の①～③を学習の禁止条件とし、学習中それらの条件に該当した時は、直ちに学習を中止し、次に学習条件が成立するまで学習しないようにするのがよい。

①図7のフローチャートのS101および図13のフローチャートのS201で説明した学習実行判定の条件を逸脱した場合

②アイドル判定から外れた場合

③図7のフローチャートのS105あるいは図13のフローチャートのS208の判定がNOの場合のルーチンが10回以上回ってしまった場合（この場合は、直ちに学習を中止し、次のIGONまで学習しない。）

【0105】

d. 途中で学習を停止しても、次回に、停止したところから開始できるよう、気筒別圧力別学習終了フラグを設定するのがよい。

【0106】

また、多段噴射法と失火検出法を組み合わせることにより、失火限界を学習するとともに、実用域の燃料噴射量の変化の範囲で噴射量特性を学習するようにしてもよい。

【0107】

本発明は、燃料噴射用のインジェクタとして、電磁式のインジェクタ以外に、ピエゾ素子をアクチュエータとしたインジェクタ等を使用したディーゼルエンジンにも適用できる。

【0108】

また、本発明は、パイロット噴射に限らず、例えば、低速低負荷時に略均等に2分割、3分割等の噴射を行う分割噴射等、多様な分割噴射に広く適用することができる。

【0109】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明のよればパイロット噴射等の分割噴射を行うディーゼルエンジンにおいて、インジェクタの個体差や経年変化によるバラツキに影響されることなく安定して燃料を噴射することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態におけるエンジン制御系の全体構成図である。

【図2】

第1の実施の形態における学習時の噴射態様の説明図である。

【図3】

第1の実施の形態における分割噴射の態様変化および噴射圧の変化による学習制御を説明するグラフである。

【図4】

第1の実施の形態における噴射圧の変化による気筒毎の学習結果の比較を示すグラフである。

【図5】

第1の実施の形態における同一噴射圧での気筒毎の学習結果の比較を示すグラ

フである。

【図 6】

第 1 の実施の形態における学習結果の反映方法を示すグラフである。

【図 7】

第 1 の実施の形態における学習制御のフローチャートである。

【図 8】

第 2 の実施の形態における学習時の噴射態様の説明図である。

【図 9】

第 2 の実施の形態における学習制御を説明するタイムチャートである。

【図 1 0】

第 2 の実施の形態における学習制御のための失火判定を説明するグラフである。

【図 1 1】

第 2 の実施の形態における噴射圧の変化による気筒毎の学習値の変化を示すグラフである。

【図 1 2】

第 2 の実施の形態における気筒毎の学習結果を示すグラフである。

【図 1 3】

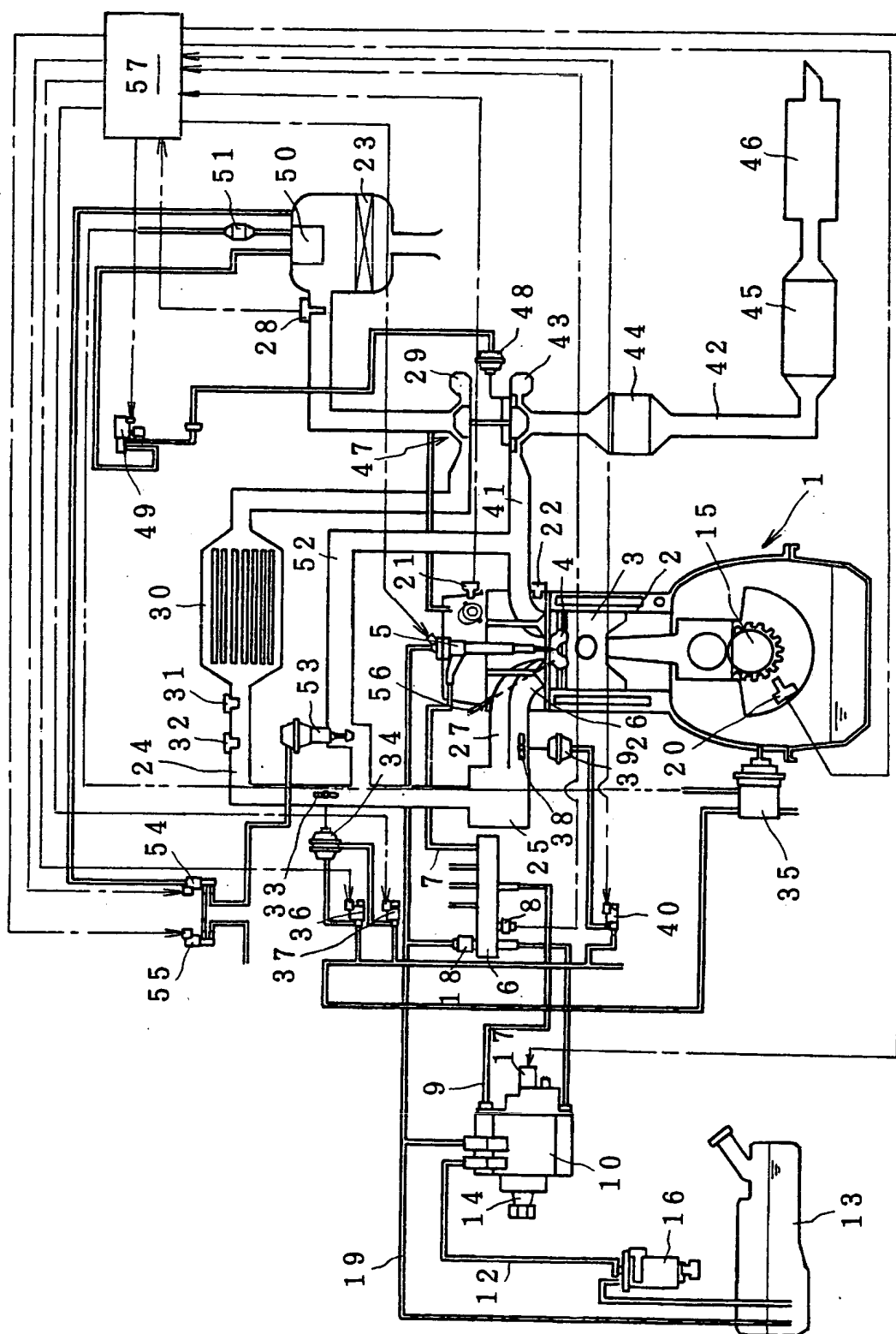
第 2 の実施の形態における学習制御のフローチャートである。

【符号の説明】

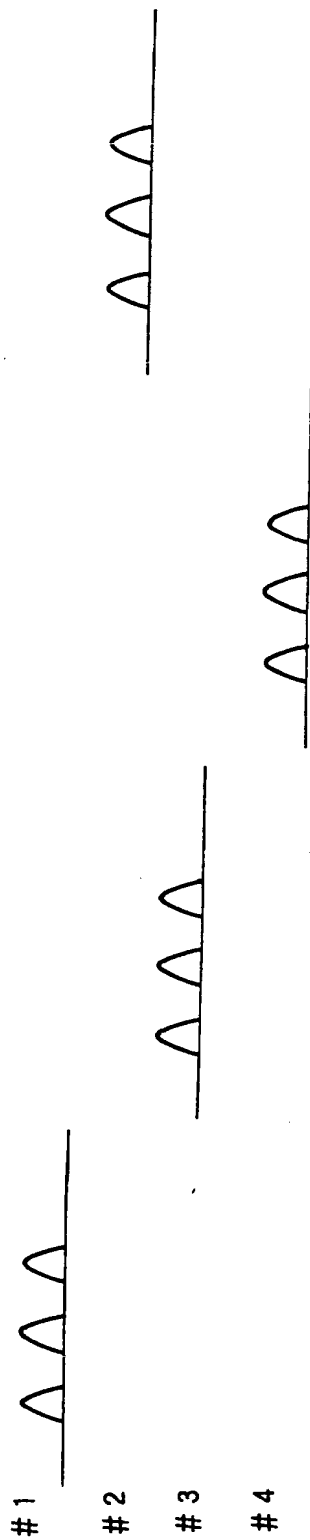
- 1 エンジン本体
- 2 気筒
- 5 インジェクタ
- 6 コモンレール
- 8 燃料圧力センサ
- 1 0 燃料供給ポンプ
- 2 0 クランク角センサ
- 2 2 エンジン水温センサ
- 5 7 コントロールユニット (E C U)

【書類名】 図面

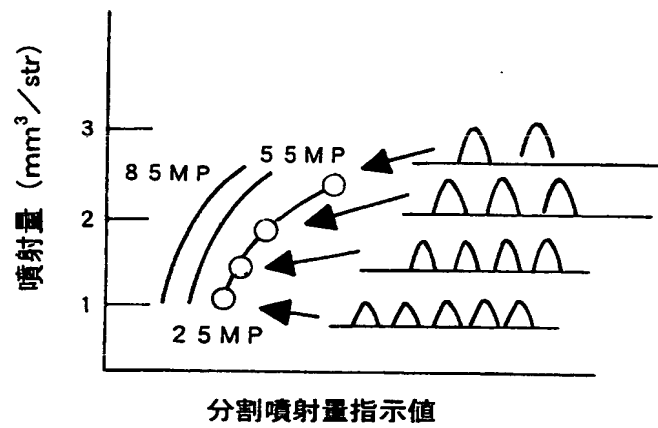
【図1】



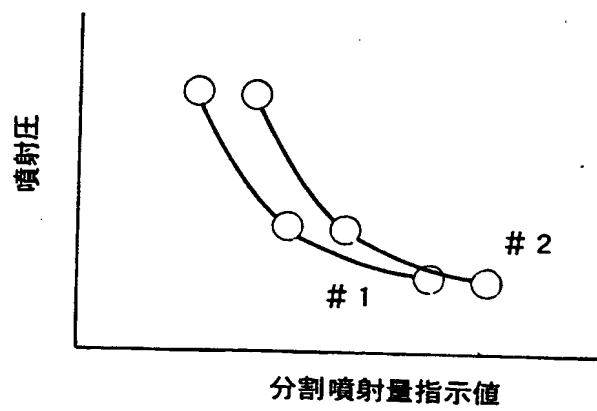
【図2】



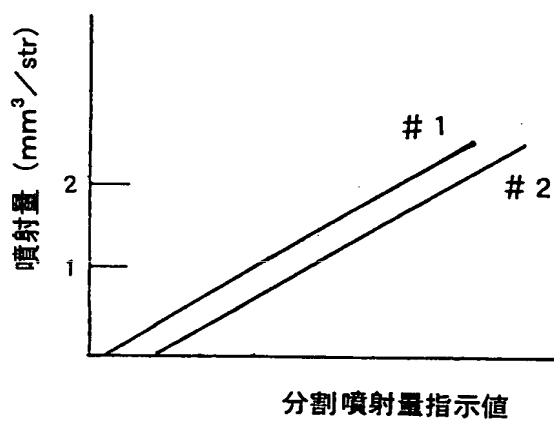
【図 3】



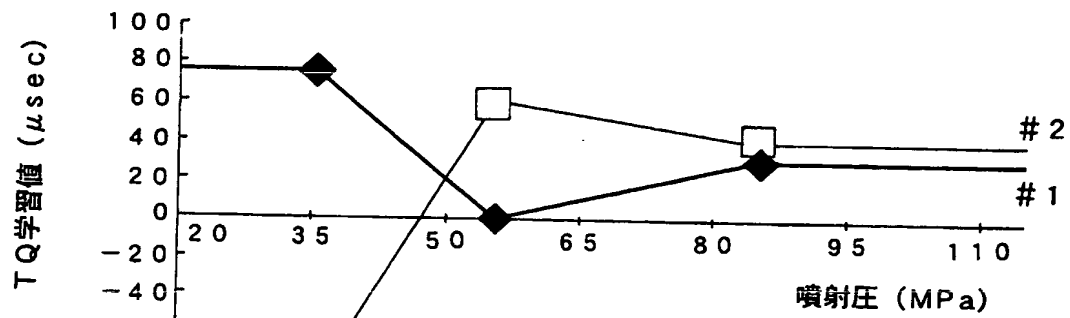
【図 4】



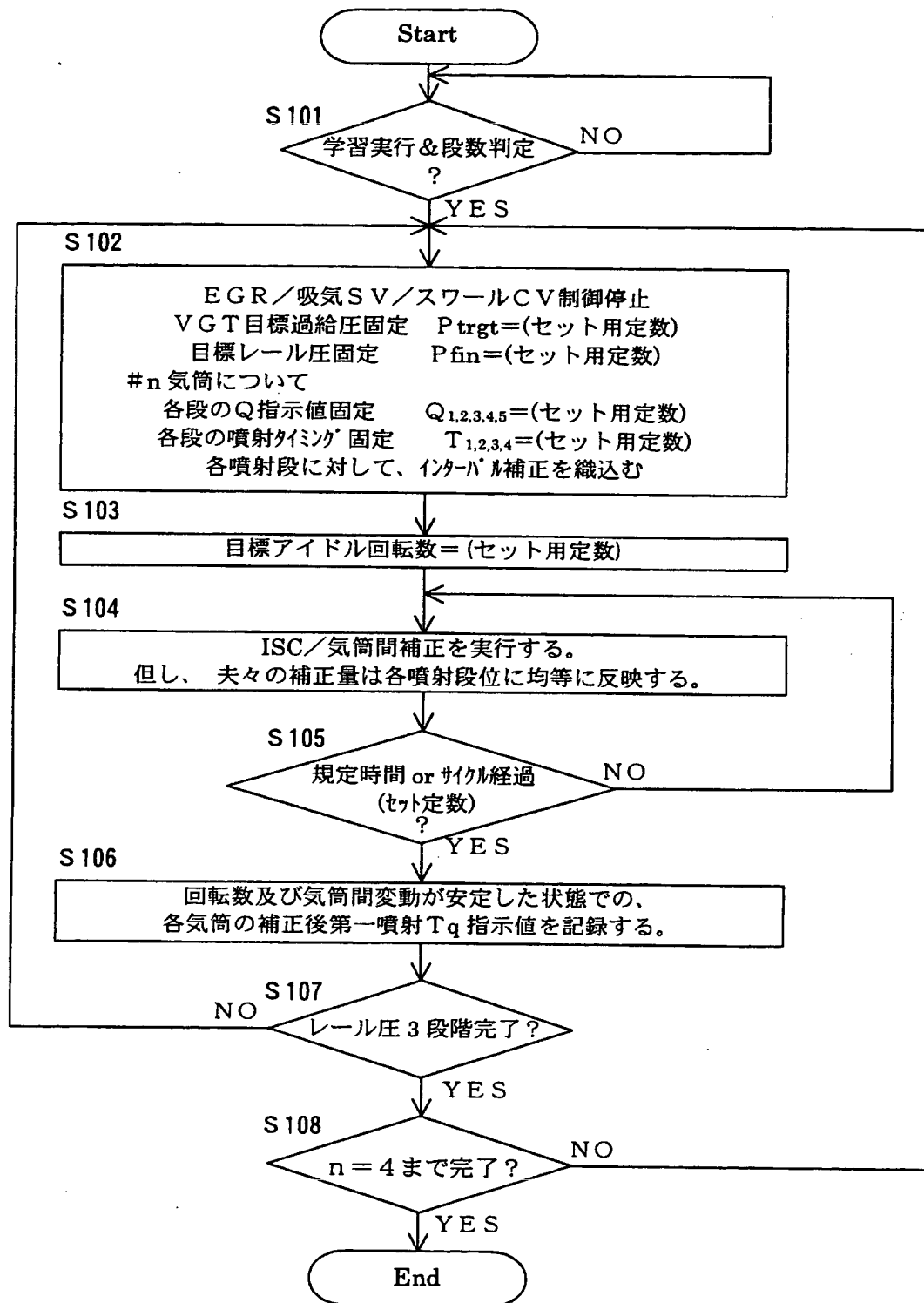
【図 5】



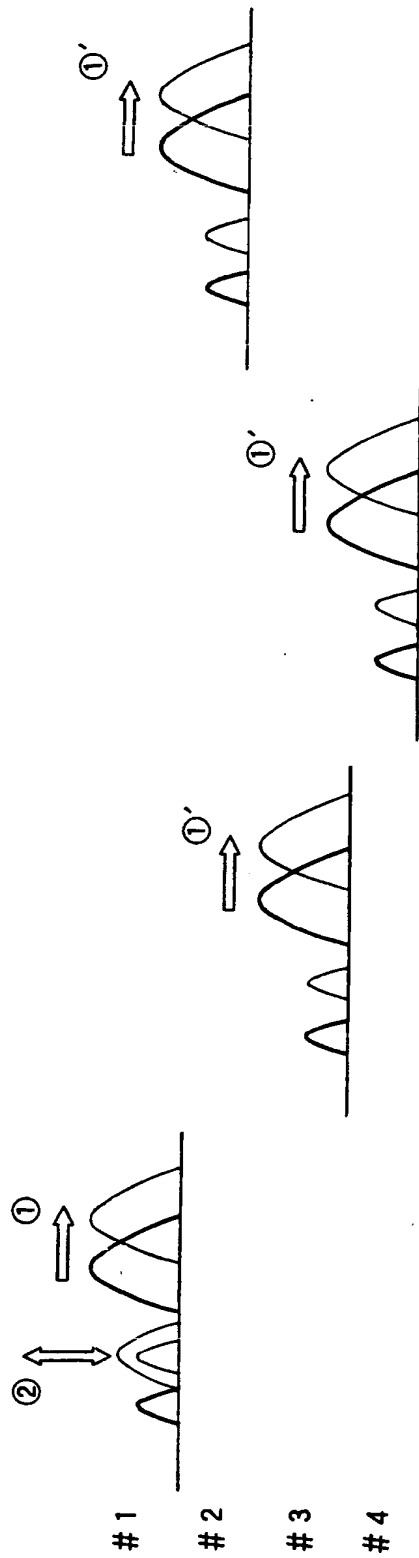
【图 6】



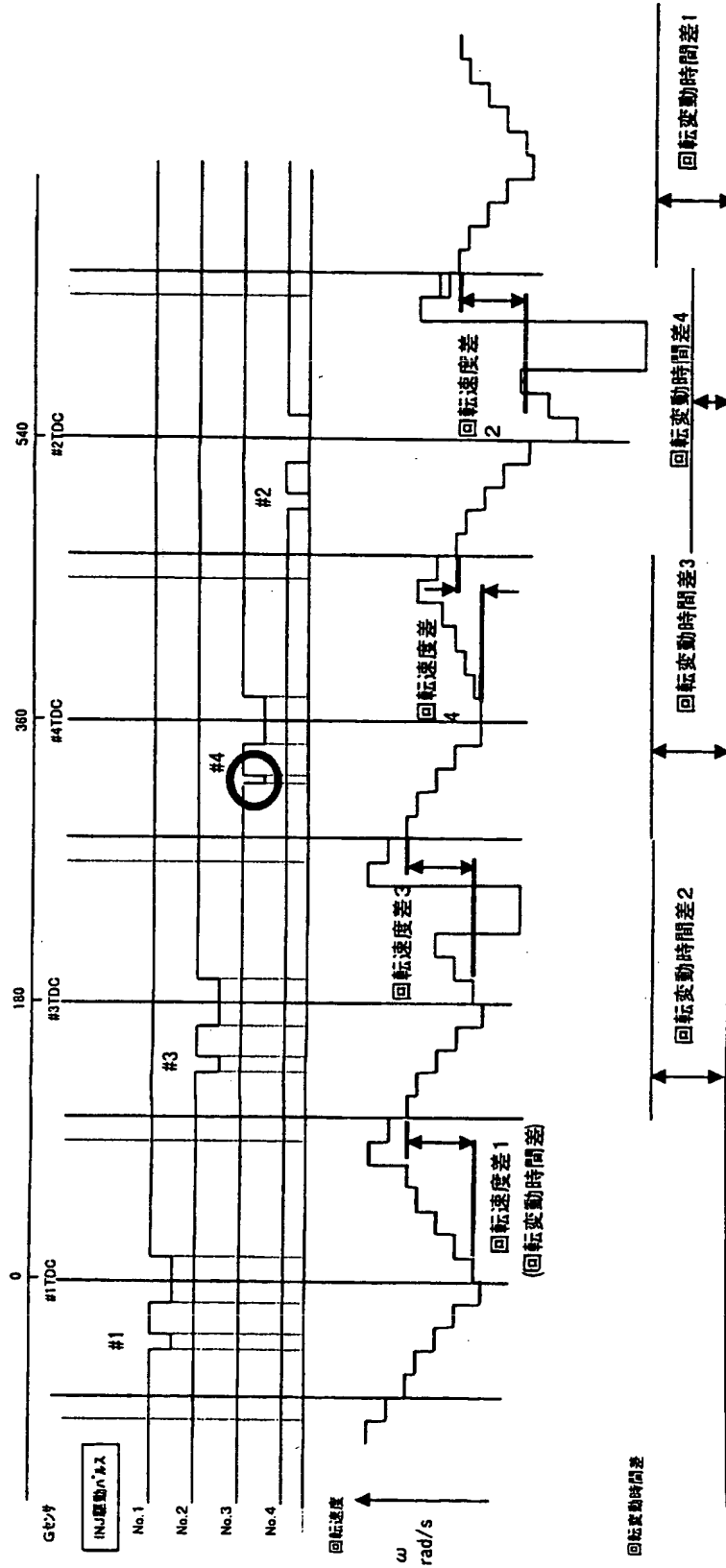
【図 7】



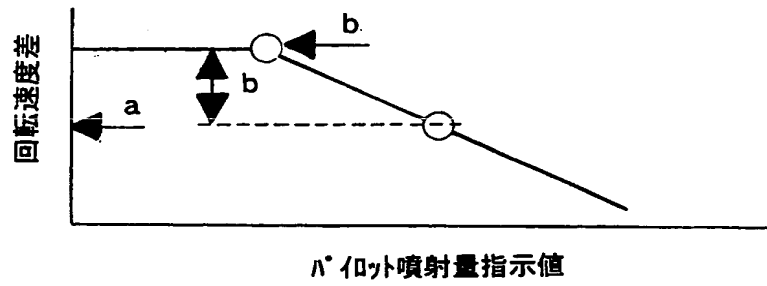
【図 8】



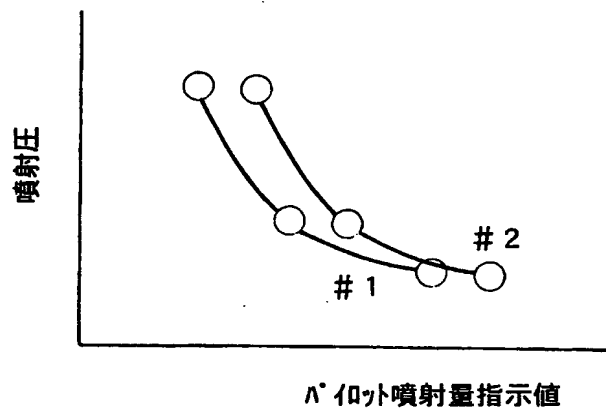
【図9】



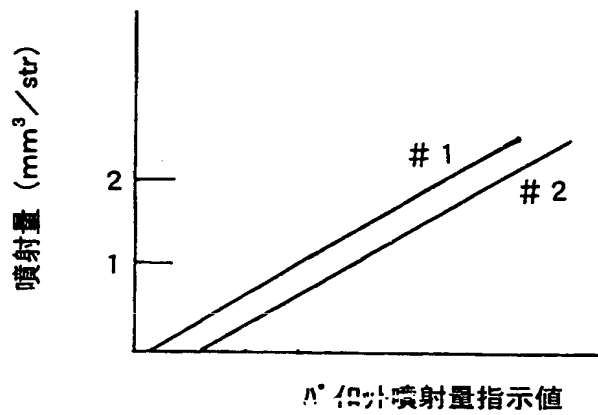
【図 10】



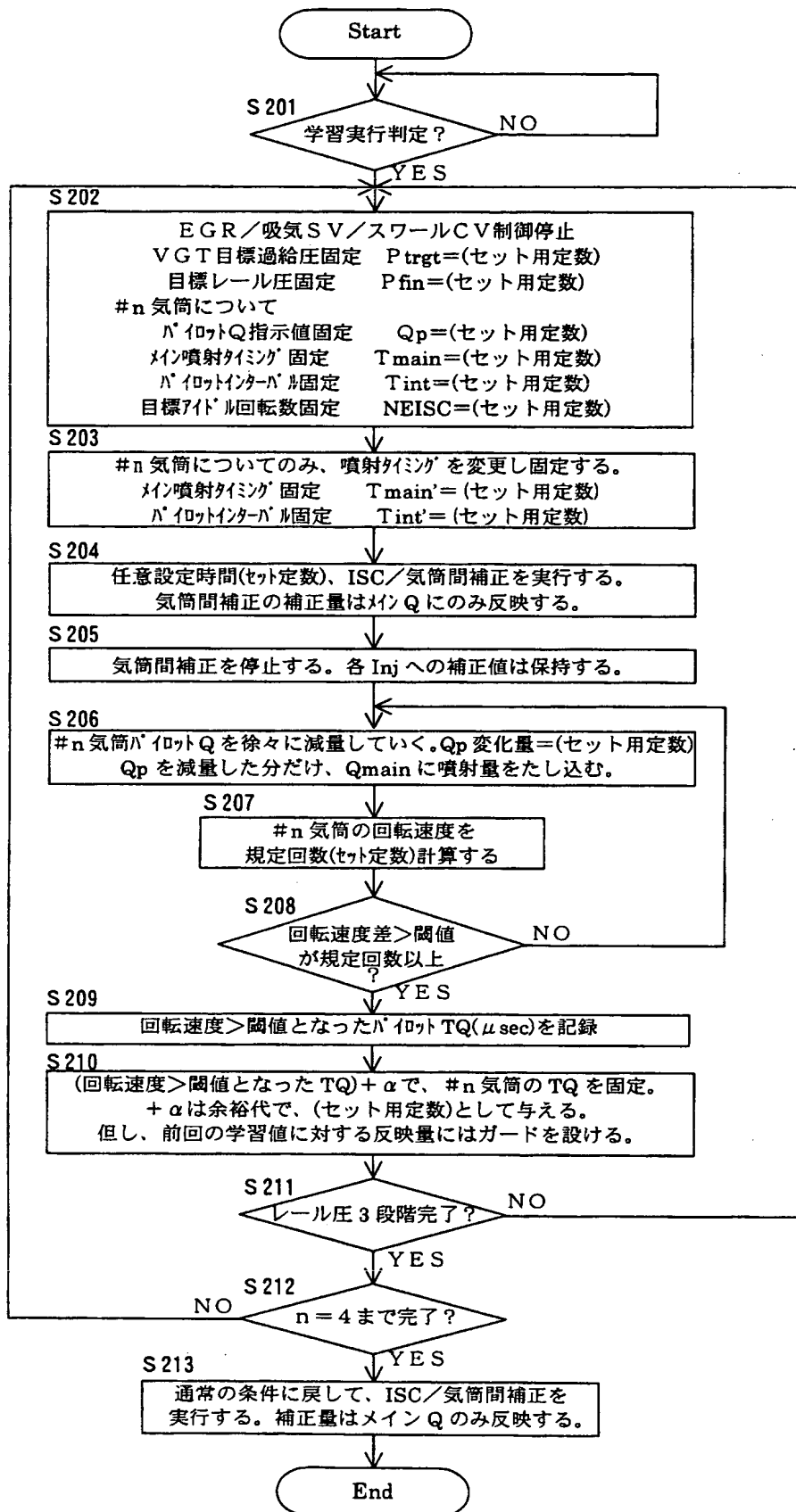
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パイロット噴射等を行うディーゼルエンジンにおいて、インジェクタの通電時間の制御により微小噴射量を安定して噴射できるようにする。

【解決手段】 アイドル運転状態において分割噴射を行い、安定したアイドル運転状態が得られた時の第1段の噴射の通電時間を、1段毎の噴射量に対応する通電時間の学習値として更新記憶する。まあ、噴射圧を変えて同様の処理を行う。あるいは、パイロット噴射を行いつつ、メイン噴射とパイロット噴射のトータルの噴射量をメイン噴射だけで噴射した時に失火する限界まで噴射時期をリタードさせた状態で、トータル噴射量は変えずにパイロット噴射の通電時間を漸減あるいは漸増させて、回転速度変動により失火限界を検出し、その失火限界の通電時間に基づいてパイロット噴射のための通電時間下限値を更新記憶してもよい。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 1 3 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由] 新規登録

住 所 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号

氏 名 マツダ株式会社